



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

THALITA TAYNÁ HENRIQUE DOURADO

**ANÁLISE DA LITERATURA CIENTÍFICA ESPECIALIZADA DAS
PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS CIMENTOS
BIOCERÂMICOS**

**João Pessoa
2017**

THALITA TAYNÁ HENRIQUE DOURADO

**ANÁLISE DA LITERATURA CIENTÍFICA ESPECIALIZADA DAS PROPRIEDADES
FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Odontologia, da Universidade
Federal da Paraíba em cumprimento
às exigências para conclusão.

Orientador: Juan Ramón Salazar Silva, Doutor

João Pessoa
2017

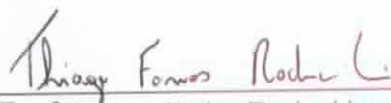
THALITA TAYNÁ HENRIQUE DOURADO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Odontologia, da Universidade
Federal da Paraíba em cumprimento às
exigências para conclusão.

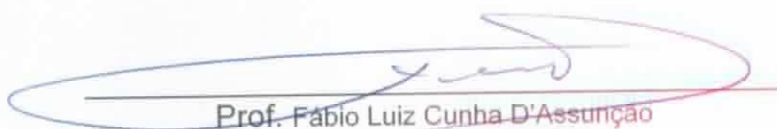
Monografia aprovada em 02 / 06 / 2017



Prof. Juan Ramon Salazar Silva
(Orientador – UFPB)



Prof. Thiago Farias Rocha Lima
(Examinador – UFPB)



Prof. Fabio Luiz Cunha D'Assunção
(Examinador – UFPB)

Prof. Heloisa Helena Pinho Veloso
(Examinador – UFPB)

*“Ninguém é tão ignorante que não tenha algo a ensinar.
Ninguém é tão sábio que não tenha algo a aprender”.*

Blaise Pascal

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fazer compreender que tudo é no tempo Dele, mesmo que eu não aceite ou não concorde, tu sabes o que é melhor pra mim. Obrigada por estar comigo em todos os momentos, inclusive durante a escrita desse trabalho, onde muitas vezes achei que eu não era capaz e Tu vieste e acalmastes meu coração.

À minha mãe que me ensinou o que é amor e ao meu irmão Túlio, que me ensinou o que é amar.

Ao meu orientador por toda paciência durante essa jornada, pela amizade, palavras de apoio e puxões de orelha também e principalmente por ser meu mentor e exemplo de profissional.

Aos professores Fábio e Thiago que estão presentes nesta banca, não por estarem presentes nela, mas por fazerem parte da minha rotina como mentores também, obrigada pela sabedoria e ensinamentos transmitidos.

Aos meus colegas de turma, por esses cinco anos de curso, por fazer dessa caminhada algo mais leve. À minha dupla Yane Laisa pela paciência e companheirismo.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivos, realizar uma análise da literatura especializada sobre o uso dos cimentos biocerâmicos na endodontia, determinar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas e compreender seu efeito nos tecidos apicais e os possíveis benefícios do seu uso na prática clínica. A base de dados utilizada para pesquisa foi PUBMED, através dos descritores “bioceramics”, “bioceramics endodontics”, “bioceramic sealer” e “bioceramic root canal sealer”, foram encontrados 647 artigos e com base nos critérios de seleção, foram escolhidos 17. Houve a necessidade de complementação da pesquisa bibliográfica, sendo realizada através das referências do artigo: Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers – Lee et al. 2017, sendo escolhidos 13 artigos. Como conclusão, pode-se observar que os materiais biocerâmicos apresentaram propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas, possuem efeito antimicrobiano, formam cristais de hidroxiapatita, podendo ser empregado em perfurações radiculares, forames apicais grandes e reabsorções radiculares e como cimento para obturação do sistema de canais radiculares. Observou-se assim que há benefícios em seu uso na prática clínica.

Palavras-chave: Bioceramics; Bioceramics endodontics; Bioceramic bealer e Bioceramic root canal sealer.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze literature on the use of bioceramic cements in endodontics, discourse their physical, chemical and biological properties and their effect on apical tissues and the possible benefits of their use in clinical practice. Database used on the research was PUBMED, through the descriptors "bioceramics", "bioceramics endodontics", "bioceramic sealer" and "bioceramic root canal sealer". Based on the selection criteria, 647 articles were found and 17 articles was selected. There was a need for complementation of the bibliographical research, being made through the references of the article: Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers - Lee et al. 2017, at where 13 articles chosen. Concluding thus, it can be observed that the bioceramic materials presented adequate physical, chemical and biological properties, antibacterial effect; they make hydroxyapatite crystals, being able to be used in root perforations, large apical foramen and root resorption and as sealer to obturate the root canal system. Thus, there are benefits in its use in clinical practice.

Key words: Bioceramics, Bioceramics endodontics, Bioceramic Sealer and Bioceramic root canal sealer.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
ADA	American Dental Association
ADT	Difusor em Ágar
ANOVA	Análise de Variância
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	Sociedade Americana Internacional de Testes e Materiais
BC	British Columbia
BC Sealer	EndoSequence BC Sealer
CA	Califórnia
CO2	Gás carbônico
CT	Connecticut
DCT	Difusor em Contato Direto
DE	Denver
ERRM	EndoSequence Root Repair Material
EUA	Estados Unidos da América
GA	Geórgia
IBC	Innovative Bioxeramix
IL	Illinois
Inc.	Incorporation
ISO	International Standards Organization
Ltd.	Limitada
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetros
MTA	Mineral Trióxido Agregado
MTA-A	MTA- Angelus
MTT	3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide
NaOCl	Hipoclorito de Sódio
OH	Ohio
OK	Oklahoma
PA	Pensilvânia
pH	Potencial Hidrogênico
PQM	Preparo Químico-mecânico
PR	Paraná
SBF	Fluido Bucal Simulado
SP	São Paulo
TN	Tennessee
VA	Virgínia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 Propriedades Biológicas.....	13
2.2 Propriedades Físico-Químicas.....	17
2.3 Remoção no Retratamento.....	26
3. OBJETIVOS	
3.1 Objetivo Geral.....	28
3.2 Objetivos Específicos.....	28
4. MATERIAIS E METODOS.....	29
5. DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico começa através do diagnóstico de possíveis lesões, sendo classificadas como: pulpite irreversível (sintomática ou assintomática), pulpite transicional, necrose pulpar, periodontite apical aguda, periodontite apical crônica, abscesso apical agudo e abscesso apical crônico. Após o diagnóstico, realizamos a cirurgia de acesso, seguido pelo preparo químico-mecânico (PQM) e a obturação. Tendo como objetivo principal a desinfecção dos canais radiculares, neutralização e preenchimento do local que anteriormente abrigava a polpa dentária (BARABA et al. 2016).

Há fatores que influenciam no sucesso ou fracasso do tratamento endodôntico, sendo os principais: ausência de lesão periapical pré-tratamento, desinfecção, obturação do canal radicular sem espaços e restauração coronária adequada. Portanto, para a manutenção do PQM, realizamos a obturação dos canais radiculares, visando evitar a recolonização das bactérias que anteriormente estavam presentes. Para que essa etapa ocorra com excelência, o canal precisa estar seco e asséptico, havendo assim um preenchimento tridimensional e estimulação do reparo apical e periapical (HUFFMAN et al., 2009).

A ciência endodôntica tem se preocupado em desenvolver e estudar materiais que sejam biocompatíveis, mas que também apresentem propriedades químicas e físicas que auxiliem no selamento ideal do complexo de canais radiculares (FRANÇA, 2014). A obturação do sistema de canais radiculares se dá pelo emprego de um material sólido, a guta-percha; o qual é associado com um cimento endodôntico, que promove o preenchimento dos espaços não ocupados pela guta-percha, bem como pode permitir a adesão do material obturador com as paredes do conduto radicular (CARDOSO, 2016).

O grande desafio é a desinfecção do complexo sistema de canais acessórios, pois caso os mesmos não sejam desinfectados, corre o risco de fracasso no tratamento devido à migração de microrganismos resistentes localizados principalmente na região do terço apical, perpetuando assim a doença periapical. Por isso, o fato do cimento endodôntico penetrar nesses canais acessórios e túbulos dentinários é de extrema importância (CANDEIRO et al., 2012).

Para que a adaptação e o selamento do canal radicular ocorram de forma eficiente, os cimentos endodônticos devem apresentar certas propriedades, são elas: ser estável, insolúvel em fluidos orgânicos, ser radiopaco, ter bom escoamento, ter um bom tempo de trabalho e de presa, ser fácil de manipular e ser biocompatível. O cimento a base de mineral trióxido agregado (MTA) apresenta várias dessas propriedades, porém não apresenta viscosidade, por isso que não é usado como material obturador (KOPPER et al. 2006).

Atualmente, ainda não existe o cimento endodôntico ideal, que supra todas as características, sendo necessário o desenvolvimento de cimentos que mantenham ou melhorem as propriedades dos que já existem disponíveis no mercado. Com o avanço da nanotecnologia dentro da odontologia em geral, buscando o desenvolvimento de resinas com menor porosidade e menor contração de polimerização, houve o desenvolvimento de cimentos endodônticos biocerâmicos (FRANÇA, 2014).

Os cimentos biocerâmicos foram introduzidos na área odontológica, principalmente pela sua elevada biocompatibilidade, sendo composto por: óxido de zircônio, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio e outros compostos obturadores e espessantes (CARDOSO, 2016). Na endodontia eles tem se apresentado em formas reparadoras para obturação retrógrada e também como cimento para obturação do sistema de canais radiculares (LOUSHINE et al. 2011).

Diferente do MTA, usado durante anos em obturações retrógradas, que tem baixa viscosidade, baixa homogeneidade e causa escurecimento dentário com o tempo, os cimentos biocerâmicos vieram com o intuito de mudar essa realidade, pois são consistentes, homogêneos e já vem, geralmente, pré-mixado e com sistema injetável, além de exigir a presença de água para tomar presa, sendo biocompatível e de composição semelhante ao MTA já existente no mercado (FRANÇA, 2014).

Apesar dos fabricantes indicarem o uso de tais materiais biocerâmicos na área endodôntica, ainda não há estudos suficientes que avaliem as propriedades físico-químicas desses materiais. Desta forma se faz necessária uma revisão de literatura, com o intuito de determinar as propriedades físicas, químicas e biológicas desses materiais, assim como compreender o efeito deles nos tecidos apicais e os possíveis benefícios do seu uso na prática clínica.

2. REVISÃO DA LITERATURA:

Em primeiro lugar devemos nos questionar: o que são materiais biocerâmicos e qual sua composição? São compósitos utilizados tanto na área odontológica quanto médica, sendo compostos por alumina e zircônia, vidros bioativos, vidros cerâmicos, revestimentos e compósitos, hidroxiapatita e fosfatos de cálcio reabsorvíveis (KOCH, BRAVE 2009).

A literatura pesquisada no presente trabalho mostrou que os cimentos biocerâmicos podem ser empregados na clínica endodôntica, tanto para obturação dos canais (HUFFMAN et al. 2009; HESS et al. 2011; LOUSHINE et al. 2011; MUKHTAR-FAYYAD 2011; ZOUFAN et al. 2011; CANDEIRO et al. 2012; BORGES et al. 2012; OZCAN et al. 2012; SHOKOUHINEJAD et al. 2012; GUVEN et al. 2013; TOPÇUOĞLU et al. 2013; PAWAR et al. 2014; AL-HADDAD et al. 2015; GADE et al. 2015; UZONUĞLU et al. 2015; CANDEIRO et al. 2016; BARABA et al. 2016; BUENO et al. 2016 e LEE et al. 2017), como para o tratamento das perfurações (HANSEN et al. 2011; LEAL et al. 2011; DAMAS et al. 2011; WILLERSHAUSEN et al. 2013; HIRSCHBERG et al. 2013 e ANTUNES et al. 2015). O resumo dos cimentos biocerâmicos pesquisados no presente trabalho, podem ser observados na Tabela 01.

Quadro 01 – Nome, fabricante e composição dos cimentos biocerâmicos.

NOME DO CIMENTO	FABRICANTE	COMPONENTES
EndoSequence BC Sealer	Brasseler EUA, Savannah, GA	Óxido de Zircônio, Silicatos de Cálcio, Fosfato de Cálcio, Hidróxido de cálcio, enchimento e agentes espessantes.
EndoSequence Root Repair Material – ERRM	Brasseler EUA, Savannah, GA	Silicatos de cálcio, óxido de zircônio, pentóxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e agentes de enchimento.
EndoSequence Root Repair Putty	Brasseler EUA, Savannah, GA	Silicatos de cálcio, óxido de zircônio, pentóxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e agentes de enchimento (mais consistente)
Sankin Apatite Root Canal Sealer (III)	Sankin-kogyo, Tóquio, Japão	Pó: Fosfato alfa-tricálcico e hidroxiapatita do tipo I, Iodoformo adicionado ao pó em tipo II (30%) e Tipo III 5% Líquido: ácido poliacrílico e água

iRoot SP	Innovative Bioceramix, IBC, Vancouver, Canadá	Silicato tricálcio, silicato dicálcio, fostafo de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, óxido de zircônio, agentes de enchimento e espessantes
EndoSeal MTA	MARUCHI, Wonju, Coréia	Silicato de cálcio, aluminatos de cálcio, sulfato de cálcio, Radiopacificador, Agente espessante.
Smartpaste Bio	CRD Ltd, Stamford, Reino Unido	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfatos de cálcio, Hidróxido de cálcio e óxido de zircônio como radiopacificador
MTA-Fillapex	Angelus, Londrina, PR, Brasil	Resina de salicilato, resina de diluição, resina natural, trióxido de bismuto, Sílica nanoparticulada, MTA (silicato tricálcico, silicato dicálcico, Aluminato de tricálcico e tetracalciumaluminoferritesilicato), pigmentos
Ceramicrete	Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA	Silicato de cálcio, aluminatos de cálcio, sulfato de cálcio, hidroxiapatita e Radiopacificador
BioAggregate	Innovative Bioceramix, IBC, Vancouver, Canadá	Silicato tricálcio, silicato dicálcio, fostafo de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, óxido de zircônio, agentes de enchimento, espessantes óxido de silicone e óxido de tântalo
ProRoot Endo Sealer	Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA	Pó: silicato tricálcico e silicato dicálcico, com inclusão de sulfato de cálcio como retardante de fixação, óxido de bismuto e aluminato tricálcico. Líquido: solução aquosa viscosa de um polímero solúvel em água.

Fonte: artigos contidos no presente trabalho.

De acordo com os fabricantes dos cimentos biocerâmicos, eles apresentam propriedades como: pH alcalino, atividade antibacteriana e principalmente, é biocompatível, não sofrendo alterações em meio bucal, além de formar hidroxiapatita, que é essencial para a ligação da dentina ao material obturador. Afirma-se que para tomar presa, alguns precisam estar em meio úmido o que representa uma vantagem, pois o elemento dentário se apresenta neste meio (HESS et al. 2011; PAWAR et al, 2014; LEE et al. 2017).

2.1 PROPRIEDADES BIOLÓGICAS

Com o objetivo de avaliar a citotoxicidade, Loushine et al. (2011) realizaram um estudo *in vitro*. Os espécimes foram preparados de acordo com o método de Bryan et al. (2010), foram utilizados três tipos de cimentos: EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA), AH Plus (Dentsply Caulk, Milford, DE), e Pulp Canal Sealer EWT (SybronEndo, Orange CA), sendo o último utilizado como grupo de controle positivo. As amostras foram embaladas em seis moldes de Teflon pré-esterilizados (3 mm de espessura e 5 mm de diâmetro), cobertos em ambos os lados com folhas de Mylar esterilizadas, colocados entre duas lâminas de vidro, sendo colocados em seguida, durante 72 horas, em local a 37°C e 100% de humidade, sob condições estéreis. Após amostras serem imersas em meio de cultura celular, compostas por células osteoblásticas de ratos MC3T3-E1, inclusive o grupo de controle negativo, composto por discos de Teflon vazios (Du Pont, Wilmington, DE), com as mesmas dimensões das amostras. A citotoxicidade foi avaliada após 24h e sucessivamente durante 5 semanas, os discos foram incubados a uma temperatura de 37°C em umidade de 5% contendo gás carbônico. Todos os cimentos estudados apresentaram citotoxicidade elevada nas primeiras 24 horas, podendo-se observar que o AH Plus regrediu totalmente e não apresentou toxicidade. Porém o BC Sealer ainda apresentou toxicidade moderada ao final da quinta semana. Os autores concluíram que ainda são necessários estudos que demonstrem a correlação entre o tempo de presa dos materiais e sua citotoxicidade.

Da mesma forma Mukhtar-Fayyad (2011) realizou uma pesquisa com o propósito comparar e avaliar a citotoxicidade de dois materiais a base de biocerâmicos, o BioAggregate (Innovative BioCeramix, IBC, Vancouver, Canadá) e iRoot SP (Innovative Bioceramix, IBC, Vancouver, Canadá) em células fibroblásticas humanas MRC-5. Quinze amostras de cada material foram preparadas em um cilindro de teflon de 5mm de diâmetro e 2mm de altura, sendo manipulados em meio asséptico e de acordo com as especificações do fabricante. Os corpos de prova foram armazenados em câmara úmida a 37°C durante um tempo três vezes maior que o tempo de presa do material preconizado pelo fabricante e sendo imersas em meio de cultura celular durante cinco dias. Como resultado pôde-se observar uma diferença significativa entre os grupos de controle (que continham somente o cilindro de teflon vazio em meio celular) e os materiais testados, sendo o efeito citotóxico

totalmente dependente da concentração dos mesmos. Podendo assim chegar à conclusão que ambos os materiais apresentaram biocompatibilidade aceitável.

Nesse sentido, com o objetivo de avaliarem a citotoxicidade da Gutta-flow (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), do EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, GA), AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) e do Tubli-Seal Xpress (SybronEndo, Orange, CA), Zoufan et al. (2011) realizaram um estudo *in vitro*, usando uma metodologia adaptada de outras pesquisas. Foram feitas 24 amostras de cada material a ser estudado (0,5mg), sendo imersas em cultura celular e analisadas durante 24h e 72h, e sua viabilidade avaliada pelo 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)- 2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT). A análise dos resultados foi realizada de acordo com a variância estabelecida pelo grupo de controle. Observou-se que a viabilidade celular foi menor no AH Plus quando comparados com os demais grupos, assim como o Tubli-Seal. Não houve diferenças entre os grupos do EndoSequence BC e GuttaFlow. Concluiu-se que o EndoSequence BC e a GuttaFlow apresentam menor citotoxicidade quando comparadas com o AH Plus Jet e o Tubli-Seal Xpress.

Através de uma pesquisa *in vitro*, com o objetivo de comparar o efeito citotóxico de dois materiais a base de trióxido agregado branco, Damas et al. (2011) usaram como objetos de pesquisa o ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Johnson City, TN), o MTA-A (Angelus, Londrina, PR, Brasil), o EndoSequence Root Repair Material ERRM (Brasseler, EUA) e o EndoSequence Root Repair Putty (Brasseler, EUA), utilizando dez amostras de cada material. Após o cultivo de células em meio de cultura recomendada, os materiais foram expostos às mesmas e os efeitos citotóxicos foram registrados em um período de observação de vinte e quatro horas, utilizando um 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il) – 2,5-difeniltetrazólio brometo (MTT) baseado em um ensaio colorimétrico. A análise dos resultados foi realizada através da análise de variância com significância de $p < 0,05$. Os resultados obtidos demonstraram que todos os materiais testados obtiveram viabilidade celular, de qualquer forma, não houve diferença significativa entre o ProRoot MTA, MTA-A e EndoSequence Root Repair. Concluíram assim que o EndoSequence Root Repair mostrou ter níveis de citotoxicidade semelhante aos materiais ProRoot MTA e MTA-A.

Com objetivo de comparar a biocompatibilidade de um cimento biocerâmico com o MTA, Willershausen et al.(2013) realizaram um estudo *in vitro*, onde puderam analisar os cimentos MTA cinza (Angelus, Londrina, PR, Brasil), MTA branco

(Angelus, Londrina, PR, Brasil), ProRoot MTA (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e o EndoSequence Root Repair-ERRM (Brasseler, Savannah, EUA). As amostras foram encubadas com tecido periodontal humano durante 96 horas, as células proliferaram segundo o ensaio Alamar Blue e foi analisado seu crescimento através de fluorescência. Os resultados do estudo demonstraram que o ERRM, o ProRoot MTA e o MTA-Angelus (cinza e branco) não inibiram significativamente a proliferação de fibroblastos e osteoblastos até 96 h, sendo o ERRM o menos inibitório. Porém, o ensaio em contato com os materiais a base de MTA tiveram menor taxa de proliferação celular quando comparados com os demais grupos. Os autores concluíram que, são necessários mais estudos para investigar a aplicabilidade clínica, porém mesmo com todas as dificuldades do estudo realizado, puderam observar que o cimento biocerâmico é sim biocompatível.

Ainda nesse mesmo raciocínio e intuito, Candeiro et al. (2016) realizaram um estudo com o intuito de comparar as características do cimento biocerâmico Endosequence BC (Brasseler, Savannah, EUA) e o AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), em relação à sua toxicidade e efeito antimicrobiano. Colocaram as amostras em cultura de células fibroblásticas que foram retiradas do laboratório de Pesquisa do Departamento de Dentística da Universidade de São Paulo e cultivado através de um suplemento de sêrum bovino a 10% e 1% de solução antibiótica (penicilina), sendo mantidas em uma incubadora a 37°C e em atmosfera úmida com 5% de CO₂, ocorrendo a troca de cultura a cada 2 ou 3 dias. Os cimentos foram preparados de acordo com as especificações do fabricante e foram feitas amostras com metodologia descrita por Cavalcanti et al. (2005). Foram feitos três grupos, um relativo a cada cimento e um de controle, sendo feitas a avaliações de citotoxicidade a cada 1, 3, 5 e 7 dias, através da análise de atividade mitocondrial. A atividade antibacteriana foi analisada através da imersão em cultura de bactérias de *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), usando ambas as amostras um difusor em Agar (ADT) e um de contato direto (DCT). As amostras em ADT e DCT foram analisadas após 1, 24, 72 e 168 horas, e em seguida foram comparadas e foi utilizada a ANOVA. Os resultados dos testes de citotoxicidade revelaram que o grupo que foi usado o Endosequence BC apresentou significativamente maior viabilidade celular do que o AH Plus. Sobre a atividade antibacteriana, foi observado que no teste DCT, o AH Plus eliminou por completo os *Enterococcus faecalis* durante o espaço de tempo analisado no teste (1h a 168h), enquanto o

Endosequence BC só apresentou efetiva atividade antibacteriana após 24h de contato direto com o meio de cultura, sendo os resultados distintos apenas na primeira hora de análise. No meio de cultura com Agar (ADT), o resultado do AH Plus foi significativamente maior do que o Endosequence BC. Concluindo, o cimento biocerâmico Endosequence BC teve menor citotoxicidade quando comparado com o cimento AH Plus, em contrapartida, tiveram efeitos semelhantes em relação ao seu efeito antibacteriano.

Baraba et al. (2016) realizaram um estudo *in vitro* com o intuito de avaliar a citotoxicidade de dois cimentos endodônticos, o MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e o outro biocerâmico, o Endosequence BC (Brasseler, Savannah, EUA). Para isso, foi obtida uma cultura de fibroblastos através de tecido subcutâneo de ratos e cultivados em tubos plásticos em uma incubadora a 37°C com 5% de CO₂ e 90% de umidade. Os cimentos foram manipulados de acordo com o fabricante e colocados em discos de Teflon de 6mm de diâmetro, sendo logo após colocados no meio de cultura celular. O grupo controle foi realizado através do material endodôntico sem imersão meio de cultura celular. Os resultados mostraram que quando comparados com o grupo controle, o MTA Fillapex obteve menor quantidade de células viáveis pelo tempo total de incubação (6, 20 e 24 horas), sendo observado o mesmo com o Endosequence BC. Os autores concluíram que ambos os cimentos apresentam citotoxicidade em meio de tal cultura.

Com o intuito de avaliar a capacidade de mineralização dos cimentos Smartpaste Bio (CRD Ltd, Stamford, Reino Unido), Acroseal (Acroseal Specialites-Septodont, Saint Maur-des-Fosses, França) e Sealapex (Sybron Endo, EUA), Bueno et al. (2016) utilizaram em seu estudo 40 ratos da raça Wistar que foram divididos nos três grupos dos cimentos acima citados e mais um grupo, o controle, totalizando quatro grupos, com dez animais em cada. Cada animal recebeu um implante subcutâneo, menos o grupo controle no qual foi implantado um tubo vazio. Após 7, 15, 30 e 60 dias, os animais foram anestesiados e os tubos foram retirados com uma amostra de tecido ao redor dos mesmos. O tecido ao redor foi avaliado histologicamente, sendo observado que todos os materiais induziram uma resposta inflamatória moderada nos períodos iniciais. Ao final do experimento, os autores concluíram que todos os cimentos testados são biocompatíveis e induzem a biomineralização, exceto o Acroseal.

2.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Para a análise da resistência e sua adesão às paredes dentinárias, Huffman et al. (2009) realizaram uma pesquisa, utilizando três cimentos endodônticos. Eles avaliaram se a umidade teria alguma relação com a resistência, então realizaram a imersão das amostras em fluido bucal simulado (SBF). Para isso eles utilizaram testes de push-out modificado, produzindo espaços simulados de canal de dimensões uniformes e condições idênticas de limpeza e modelagem. Para tal estudo foram selecionados sessenta caninos humanos e os espaços de canal foram criados através de instrumentos cônicos ProFile (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) de 0.04 ao longo dos terços cervical, médio e apical de placas de dentes. Tais placas foram preparadas uma para cada elemento dentário, medindo $0,90 \pm 0,05$ mm de espessura que foram realizadas através da secção das amostras, através de cortes paralelos feitos longitudinalmente ao longo eixo do dente, utilizando uma serra de diamante de velocidade lenta (Isomet, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, EUA). Após a limpeza das cavidades com hipoclorito de sódio e ácido etilenodiamina tetra-acético, as cavidades foram preenchidas com ProRoot Endo Sealer (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA), AH Plus Jet (Dentsply Caulk, Milford, DE, EUA) ou Pulp Canal Sealer (SybronEndo; Sybron Dental Specialties Inc., Orange, CA, EUA) após a tomada de presa dos cimentos, metade das amostras foram submetidas a teste de push-out com luz de fibra ótica acoplada no dispositivo e o restante foi imerso em fluido bucal simulado (SBF) durante quatro semanas antes de serem submetidos ao teste push-out. As amostras foram analisadas através da estereomicroscopia e da microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo. Através desse estudo foi observado que a localização das cavidades simuladas não afetava a resistência ao teste push-out, as amostras preenchidas com ProRoot Endo Sealer apresentaram maior resistência às forças de push-out quando comparadas com as demais amostras, principalmente após imersão em SBF. Concluiu-se que o cimento que apresenta maior resistência ao teste push-out é o ProRoot Endo Sealer, independente de estar em imersão ao SBF, seguido pelo AH Plus Jet.

Com objetivo de comparar a indução da mudança de pH entre dois materiais endodônticos, o EndoSequence Root Repair-ERRM (Brasseler, EUA, Savannah, GA) e o ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) Hansen et al.

(2011) realizaram um estudo *in vitro* com 48 elementos dentários unirradiculares, pertencentes ao mesmo grupo dentário. Os mesmos foram armazenados em solução salina a 0,9% à temperatura ambiente. Todos os elementos foram instrumentados até o instrumento 50/.06 e foram feitas cavidades na superfície dos elementos a uma distância de 5mm e 2mm do ápice radicular, com o intuito de simular reabsorções radiculares. As amostras foram divididas em quatro grupos (n=20) que foram preenchidos com os cimentos a serem testados e 4 elementos dentários formaram os grupos controle, sendo dois preenchidos com hidróxido de cálcio (positivo) e dois com sal (negativo). Todos os elementos foram selados coronal e apicalmente e imersos em solução salina. O pH na superfície radicular foi analisada após 20 minutos, 3 horas, 24 horas, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas e 4 semanas. A análise do pH mostrou que nos preparos de 5mm o valor foi maior para o grupo que utilizou o ERRM, quando comparado com os resultados do grupo de 2mm. Alterações significativas no pH ocorreram com decorrer do tempo em ambos os grupos analisados, porém quando comparados os resultados, o uso do material a base de mineral trióxido agregado, quando comparado com o ERRM, resultou em elevados níveis de pH nas áreas de reabsorção simulada.

Leal et al. (2011) realizaram uma pesquisa *in vitro* para comparar a capacidade de selamento de dois cimentos biocerâmicos e um a base de mineral trióxido agregado (MTA) para obturação retrógrada, sendo eles: Ceramicrete (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA), BioAggregate (DiaDent, Burnaby, BC, Canadá) e ProRoot MTA Branco (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA). Para isso, eles instrumentaram incisivos superiores unirradiculares e prepararam com ultrassom os 3mm apicais para fazer a retrobturação (n=15). Além dos grupos experimentais, para o grupo controle (n=2), foram empregados elementos dentários sem preenchimento algum e todas as amostras foram imersas em solução de glicose e sua penetração foi avaliada estatisticamente segundo a ANOVA. Os resultados mostraram diferença significativa entre os três materiais empregados, o cimento Ceramicrete obteve menor penetração de glicose quando comparado com o BioAggregate e quando ambos cimentos biocerâmicos foram comparados com o ProRoot MTA, não houveram diferenças nos resultados. Concluiu-se que ambos os cimentos quando comparados com o MTA, obtiveram resultados de ação semelhante quando usados em obturação retrógrada.

Ainda em 2011, Loushine et al. realizaram um estudo *in vitro* para avaliar o efeito da umidade no tempo de presa do cimento EndoSequence BC Sealer (Brasseler EUA, Savannah, GA) e sua microdureza. Para avaliar o tempo de presa, trinta discos do cimento EndoSequence BC foram preparados (n=3; 10 grupos) e imersos em quantidades diferentes de água e o ajuste inicial foi determinado através do uso das agulhas Gilmore (Sociedade Americana Internacional de Testes e Materiais [ASTM] West Conshohocken, PA), de acordo com a norma ASTM C266-07. Foram feitos os testes a cada hora durante as doze primeiras horas e depois a cada seis horas. O teste de microdureza foi realizado usando o teste de indentação de Knoop e os dados foram avaliados usando a análise de variância de Kruskal-Wallis. Como resultados, os autores puderam observar que, o EndoSequence BC sealer na ausência de água, levou 240 horas para atingir a presa final; a microdureza do mesmo diminuiu relativamente quando imerso em água.

Para avaliar a radiopacidade, pH, liberação de cálcio e escoamento, Candeiro et al. (2012) compararam os cimentos biocerâmicos com o AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha). Para tal estudo foi adotada a metodologia de acordo com as especificações da ISO 6876/2001 para a avaliação da radiopacidade e do escoamento dos cimentos estudados. Para a avaliação do pH, os cimentos manipulados foram colocados em tubos plásticos de polietileno, com 1mm de diâmetro interno e 10mm de comprimento. Oito amostras foram utilizadas para cada material e foram colocadas em tubos de ensaio contendo 10mL de água desionizada tendo pH neutro (Permution, Curitiba, PR, Brasil). O pH foi medido com um medidor de pH (QM-400, Quimis, São Paulo, SP, Brasil), as avaliações foram realizadas em períodos de 3, 24, 72, 168 e 240 horas. Enquanto à liberação de íons cálcio, ela foi analisada através de um espectrofotômetro de absorção atômica (AA6800, Shimadzu, Tóquio, Japão) e os resultados foram analisados de acordo com um padrão estabelecido de soluções com concentração de cálcio já estabelecida. Relacionado ao pH, puderam observar que o EndoSequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA) apresentou pH alcalino em todos os experimentos, com um valor máximo em 168 horas, já o pH do AH Plus, foi ligeiramente neutro. Nos testes de liberação de cálcio, os resultados mostraram que o EndoSequence BC apresenta maior liberação quando comparado com o AH Plus. Em relação à radiopacidade e ao escoamento dos cimentos estudados e avaliados de acordo com a ISO 6876/2001, os resultados mostraram que o escoamento do AH

Plus foi menor do que o do EndoSequence BC e que em relação à radiopacidade, o AH Plus se mostrou mais radiopaco do que o EndoSequence BC. Ainda assim puderam concluir que o cimento biocerâmico EndoSequence BC demonstrou propriedades físico-químicas apropriadas quando comparados com o AH Plus.

Com o objetivo de comparar as mudanças na estrutura de superfície, a distribuição dos componentes e a porcentagem de formação de íons de quatro materiais endodônticos, Borges et al. (2012) realizaram uma pesquisa utilizando quatro cimentos: AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada), MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil), Sealapex (Sybron Endo/Kerr Co, Orange, CA, EUA) e MTA-A (Angelus, Londrina, PR, Brasil). A solubilidade dos mesmos foi testada de acordo com a especificação 57 da American National Standards Institute / Associação Dental Americana (ANSI/ADA). Para determinar e quantificar a liberação de íons foi utilizada a espectrofotometria, sendo analisadas por meio da microscopia eletrônica de varredura e dispersão de energia-espectroscopia (SEM / EDX) e a análise estatística foi realizada usando ANOVA unidirecional e post-hoc Tukey. Como resultado, foi possível observar que em ordem crescente o que apresenta menor solubilidade é o MTA-A, seguido pelo AH Plus, Sealapex, MTA Fillapex e iRoot SP. O MTA-A e o AH Plus obtiveram resultados similares, porém bem distintos dos demais materiais. Grandes quantidades de cálcio foram liberadas pelos grupos, exceto do cimento AH Plus, além disso, MTA-A teve a maior quantidade de liberação de íons de sódio e potássio. A liberação de íons zinco foi somente observada nos grupos do cimento AH Plus e Sealapex. Após a liberação dos íons e o teste de solubilidade, todos os materiais apresentaram mudanças morfológicas na sua superfície. A análise através do SEM/EDX demonstrou altos níveis de carbono e cálcio na superfície do Sealapex, MTA Fillapex e iRoot SP. Os autores concluíram que os cimentos AH Plus e MTA-A estavam de acordo com os requisitos, em relação à solubilidade, da ANSI/ADA e que os demais materiais (iRoot SP, MTA Fillapex e Sealapex) não cumpriram os requisitos. Grandes quantidades de íons cálcio foram encontradas em todas as amostras exceto nas que utilizaram o AH Plus e a análise SEM/EDX mostrou que todas as amostras apresentaram alterações morfológicas tanto na sua superfície quanto no interior após o teste de solubilidade.

Ainda utilizando o cimento iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada) como objeto de pesquisa, Ozcan et al. (2012) realizaram um estudo com o

intuito de avaliar a força do cimento endodôntico às paredes dentinárias, sendo comparado com o cimento AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) e com o Endofill (Produits Dentaires SA, Vevey, Suíça) quando associados ao uso conjunto com adesivo resinoso para cimento. Para isso foram selecionados quarenta e oito incisivos superiores unirradiculares extraídos por razões periodontais e armazenados em solução salina a 0.9%. As coroas dos elementos dentários foram seccionadas próxima a junção amelo-cementária, deixando o comprimento do dente em 14mm e a região apical também foi seccionada a 1mm. As amostras foram divididas em quatro grupos (n=12), incluindo o grupo controle, que foi obturado somente com guta-percha. Para selar coronalmente as amostras, utilizou-se material restaurador temporário (Cavit G, 3M Espe, Seefeld, Alemanha), e armazenadas a 37°C com 100% de umidade durante sete dias. O teste push-out foi realizado e todos os resultados foram submetidos à análise segundo a ANOVA e Tukey. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas entre os cimentos estudados, porém o Endofill apresentou menor capacidade de adesão quando comparado com os demais. Concluindo assim que a capacidade de adesão do cimento a base de silicato de cálcio (iRoot SP) às paredes dentinárias, não foi afetada em conjunto ao uso do adesivo resinoso de cimento.

Em 2012 foi realizada uma pesquisa por Shokouhinejad et al., com o objetivo de comparar a resistência de união do cimento biocerâmico EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA) e do AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) tanto na presença quanto na ausência de smear layer. Para isso foram selecionados 66 dentes humanos unirradiculares, foram retiradas suas coroas e realizado o preparo químico-mecânico (PQM) com instrumentos rotatórios Mtwo (VDW, Alemanha) até o instrumento 35/04. Tais amostras foram separadas em quatro grupos de quatorze elementos cada, nos grupos I e III não foi usado o EDTA para remoção da smear layer e também foi empregada a técnica de compactação lateral para a obturação dos canais. Os grupos I e II usaram o cimento AH plus para obturação e os demais usaram o cimento EndoSequence BC. Os grupos I e IV usaram para obturação a técnica de cone único. Foram feitos testes push out, para resistência e varredura microscópica para avaliar a interface de adesão material e elemento dentário. Como resultados observaram que não teve diferença significativa nos testes de push out entre os quatro grupos, além disso, a presença ou ausência de smear layer não afetou significativamente a adesão do material ao elemento

dentário. Concluiu-se que a resistência de união do EndoSequence BC é igual a do AH Plus, com ou sem smear layer.

Através de um estudo *in vitro*, com o objetivo de comparar a habilidade de biomineralização do ProRoot MTA (Dentsply Maillefer, Tulsa Dental, EUA), iRoot SP (Innovative Bioceramix Inc, Canadá) e o cimento de hidróxido de cálcio Dycal (Dentsply, Caulk, EUA), Guven et al. (2013) manipularam os materiais de acordo com o fabricante e colocaram dentro de anéis de teflon, sendo logo em seguida postos em uma incubadora a 37°C durante 24 horas. Para testar a capacidade de indução da biomineralização, foram extraídas células de germes dentários de terceiros molares de adultos jovens saudáveis, sendo assim cultivadas e induzidas à reprodução. Os discos de teflon foram imersos em tal cultura durante sete dias, sendo mudado o meio de cultura a cada dois dias. Para detectar a atividade celular, foi inserido um corante que assume a cor roxa quando há atividade mitocondrial. Nos resultados foi observado que o MTA e o iRoot SP não apresentaram citotoxicidade durante os sete dias de pesquisa. O estudo concluiu, mesmo com suas limitações, que o MTA apresenta mais eficiência e eficácia em induzir a biomineralização quando comparado com o cimento biocerâmico iRoot SP.

Um estudo *in vitro* realizado por Topçuoğlu et al. (2013) com o objetivo de avaliar a resistência à fratura de dentes tratados endodônticamente, utilizando três tipos de cimento endodôntico, empregou setenta e cinco pré-molares humanos unirradiculares. Os elementos dentários foram divididos em cinco grupos (n=15): grupo I, controle negativo no qual não houve preparo e nem obturação; grupo II: controle positivo, onde foi realizado o PQM, mas sem obturação. Os demais grupos foram preparados usando o sistema ProTaper (Dentsply, Maillefer) até a lima F3, sendo o grupo III obturado com guta-percha e cimento EndoSequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA); o grupo IV com guta-percha e cimento Tech Biosealer Endo (Isasan, Como, Itália); e o grupo V com guta-percha e AH Plus Jet (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha). Todas as amostras passaram duas semanas em 100% de umidade e após isso foram postos em uma máquina que induzia a fratura do elemento dentário. Os valores para indução das fraturas foram anotados e comparados. O grupo III teve o maior valor de força para a fratura, seguido do grupo V e do grupo IV. Não houve diferença significativa entre os grupos III e V. Os autores concluíram que o cimento biocerâmico EndoSequence BC e o

cimento resinoso AH Plus conferem mais resistência quando comparados com o Tech Biosealer Endo que é a base de MTA.

Em 2013, Hirschberg et al., realizaram um estudo com o objetivo de comparar o vedamento apical de dois cimentos endodônticos: o ProRoot MTA (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e o Endosequence Bioceramic Root Repair – ERRM (Brasseler, EUA, Savannah, GA). Sendo assim, foram selecionados sessenta dentes humanos unirradiculares, divididos em quatro grupos: grupo I – foi aplicado MTA de forma incremental no final da raiz e o grupo II da mesma forma, porém usando o ERRM. Os grupos de controle III (positivo) e IV (negativo) foram obturados, respectivamente, com gutta-percha termoplastificada sem cimento endodôntico e com cera pegajosa condensada da mesma forma que os grupos I e II. Todas as amostras foram imersas em cultura bacteriana durante vinte e oito dias. Ao final do estudo foi observado que não teve diferença significativa na invasão bacteriana entre os grupos IV e o grupo I, porém o grupo que usou o ProRoot MTA, quando comparado com o ERRM obteve resultados com menor infiltração bacteriana. Concluindo que o grupo I e o grupo IV obtiveram resultados significativamente menores em relação á invasão bacteriana, quando comparadas com o grupo II e III.

Em um estudo *in vitro* com o objetivo de comparar e avaliar a microinfiltração de três cimentos endodônticos: Endosequence BC (Brasseler, EUA), AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) e o Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, EUA), Pawar et al. (2014) selecionaram setenta e cinco elementos dentários humanos, permanentes e unirradiculares, tais elementos foram divididos em três grupos (n=25), um para cada tipo de cimento. Após a remoção dos detritos externos, os dentes foram colocados em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% durante 2 horas e armazenados em solução salina normal. Os dentes foram decoronados a 12 mm do ápice, os canais foram acessados, a instrumentação foi realizada com 11 mm de comprimento de trabalho, utilizando-se a técnica coroa-ápice com motor rotatório e instrumento ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) até F3. Todos os canais foram irrigados com 10 mL de uma solução de hipoclorito de sódio a 5,25% (NaOCl) e solução de EDTA a 17%, a irrigação final foi feita com soro fisiológico normal. Os canais foram então secos com cones de papel estéril e após a manipulação dos cimentos segundo o fabricante, foi feita a obturação, os espécimes foram armazenados em incubadora a 37°C durante 24 horas sendo em seguida imersos em azul de metileno a 1% durante 72 horas. A

profundidade de penetração do corante foi analisada por um microscópio Magnus a 30x de magnificação. Os autores observaram que o corante penetrou mais no grupo que foi utilizado o cimento AH Plus, porém ainda houve penetração do corante nos demais grupos que usaram o BC Sealer e o Epiphany.

Para comparação e avaliação da espessura e adaptação marginal de cimentos biocerâmicos, Al-Haddad et al. (2015) utilizaram como objetos de pesquisa: Sankin Apatite III (Dentsply Sankin, Tóquio/Japão) e Endosequence BC (Brasseler, EUA) à dentina em relação ao AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), que é um cimento resinoso, e ao MTA Fillapex (Angelus, Brasil). A metodologia empregada usou sessenta dentes humanos unirradiculares, sendo os mesmos divididos em quatro grupos, e todos obturados com a técnica de compactação lateral. Para a análise das interfaces das obturações, foi usado um microscópio de 50x de magnificação e também um microscópio confocal a laser. O estudo demonstrou que os cimentos biocerâmicos apresentaram menor adaptação marginal na interface com a dentina, havendo espaços em certas regiões, quando comparado com o AH Plus. O que apresentou melhor adaptação foi o Endosequence BC.

Um estudo *in vitro* foi realizado por Antunes et al (2015) com o intuito de comparar e analisar a capacidade de selamento apical dos cimentos MTA-Angelus White (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e EndoSequence BC Root Repair Material ERRM (Brasseler, Savannah, GA, EUA). Para tal análise foram empregados sessenta incisivos inferiores unirradiculares e suas coroas foram retiradas, obtendo assim amostras com 12mm de comprimento. Os elementos foram divididos em quatro grupos, sendo dois deles de controle com dez amostras cada e os outros dois experimentais, com vinte amostras cada um. Antes de aplicar os materiais retro-obturadores os grupos que continham vinte amostras, foram submetidos ao preparo químico-mecânico (PQM), com o sistema Protaper (Dentsply Maillefer) até a lima F2, sendo obturadas com gutta-percha de acordo com seu instrumento memória (IM), três milímetros aquém do ápice radicular. Ambos os cimentos foram manipulados de acordo com o fabricante, sendo o ERRM preparado para uso, os mesmos foram aplicados nas cavidades apicais com instrumento microcirúrgico B&L Jetip (JM2, B&L Biotech, Fairfax, VA, EUA) e ambos condensados com condensador B&L Jetip (JP2, B&L Biotech). No grupo de controle positivo, os elementos foram obturados somente com gutta-percha, usando o Obtura II (SybronEndo, Orange, CA, EUA) sem

cimento e condensados a frio. No grupo de controle negativo, o canal foi completo por cera utilidade (Asfer, São Caetano do Sul, Brasil) e a cavidade apical também, sendo em seguida cobertos por esmalte de unha. Todas as amostras foram colocadas em estufa com 100% de umidade a 37°C durante uma semana, sendo em seguida esterilizadas em óxido de etileno. Durante trinta dias, apenas a porção apical das amostras foi imersa em uma solução contendo soro bovino fetal com *Enterococcus faecalis*. As amostras foram analisadas quantitativamente através do teste de Mann-Whitney e qualitativamente através do teste de Fisher. Como resultado foi possível observar que 50% das amostras do grupo que usou MTA, ainda podiam ser encontradas bactérias viáveis dentro do canal, já no grupo que foi usado o ERRM, 28% das amostras apresentavam espécimes de bactérias viáveis, porém quantitativamente e qualitativamente não demonstrava diferença em relação ao grupo do MTA. Os grupos controle apresentaram o resultado esperado, pois os materiais usados para selamento não tinham propriedades bactericidas. Como conclusão os autores puderam observar que ambos os materiais tem capacidade semelhante de selamento apical.

Procurando avaliar e comparar a força push-out aplicada para avaliar a força de interação entre os cimentos endodônticos e as paredes dentinárias, Gade et al. (2015) realizaram um estudo *in vitro*, comparando os cimentos Endosequence BC (Brasseler, EUA), AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) e Endomethasone-N (Septodont, França) usando as técnicas de condensação lateral e termoplastificação. Trinta dentes unirradiculares humanos foram selecionados e tiveram sua coroa retirada, foram divididos em dois grupos (n=15): grupo I, onde se empregou a técnica de compactação lateral a frio; e grupo II, que usou a técnica termoplastificada. Cada grupo foi subdividido em três subgrupos que empregaram três tipos de cimento endodôntio (G1=EndoSequence BC; G2=AH Plus; G3=Endomethasone-N). As amostras foram seccionadas ao longo eixo axial para obtenção de discos de 2mm cada, logo após foram submetidas aos testes de micro push-out e os dados foram analisados segundo a ANOVA. Os resultados mostraram que no grupo I o AH Plus teve maior força de push-out quando comparados com os demais cimentos do mesmo grupo e até mesmo dos outros grupos. O cimento biocerâmico teve menor força no grupo I e maior força no grupo II. Os pesquisadores avaliaram e concluíram que a força de push-out no grupo dos cimentos biocerâmicos foi menor do que no AH Plus com a técnica de compactação lateral.

Através de um estudo com o objetivo de testar e comparar três cimentos biocerâmicos e três cimentos resinosos em relação às suas propriedades físico-químicas tais como: escoamento, tempo de presa final, radiopacidade e mudança de pH, Lee et al. (2017) adotaram a metodologia determinada pela ISO 6876/2012 e as especificações ANSI/ADA nº57, sendo todos os cimentos manipulados de acordo com o fabricante. Os cimentos comparados foram: Radic-Sealer (KM, Seoul, Coréia), AD Seal (Meta Biomed, Cheongju, Coréia), AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA), EndoSeal MTA (MARUCHI, Wonju, Coréia) e MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil). O MTA Fillapex mostrou maior escoamento e o cimento EndoSequence BC teve menor escoamento quando comparado com os demais. O maior tempo de presa final foi do EndoSeal MTA, enquanto o Radic-Sealer e o AD Seal obtiveram menor tempo do que o AH Plus. No teste de radiopacidade puderam observar que o AH Plus e o EndoSeal MTA mostraram valores acentuados em comparação com os demais cimentos, principalmente com o MTA Fillapex que apresentou o menor valor de todos eles. Sobre a estabilidade dimensional, como resultado foi observado que o cimento AD Seal teve grande expansão quando comparado com os demais. O cimento EndoSequence BC demonstrou maior pH alcalino do que todos os outros, o pH do EndoSeal MTA foi significativamente maior do que os outros cimentos resinosos presentes no estudo. Já o cimento AD Seal se apresentou com o pH neutro após quatro semanas. Os autores chegaram a conclusão de que tanto os cimentos biocerâmicos quanto os cimentos resinosos apresentaram características físico-químicas satisfatórias, exceto o cimento EndoSequence BC e o MTA fillapex.

2.3 REMOÇÃO NO RETRATAMENTO

Sobre a remoção dos cimentos biocerâmicos em caso de retratamento, Hess et al. (2011) com o intuito de avaliar a eficácia do solvente e instrumentos rotatórios na remoção do cimento biocerâmico, quando utilizado em conjunto com a guta percha para obturação do sistema de canais radiculares, realizaram um estudo *in vitro* comparando os cimentos EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA) e o AH Plus (Dentsply, Tulsa, OK). Para tal avaliação foram empregados os canais mesio-vestibulares de quarenta primeiros molares inferiores, que apresentassem menos de

20° de curvatura. Os canais foram instrumentados de acordo com a técnica coroa-ápice com instrumento rotatório de NiTi (níquel titânio) a 500 rotações por minuto (rpm) até o instrumento 35/04. Os 40 elementos foram divididos em dois grupos de 20, no qual o grupo I foi obturado com guta-percha e AH Plus e o grupo II com guta percha e cimento biocerâmico (CBS). Após obturação todos os grupos foram retratados endodonticamente de acordo com a mesma técnica, removendo-se o material obturador com uma ponta de conicidade 0,06 do aparelho System B (SybronEndo, Orange, CA). A complementação da remoção do material obturador foi realizada com instrumentos rotatórios de conicidade 0,06, até o instrumento de numero 40. Para a avaliação da quantidade de material obturador remanescente, foi empregado microscópio eletrônico de varredura da área apical e foraminal a 50X de magnificação. Como resultado foi observado que em 70% das amostras do grupo II o instrumento não conseguiu chegar ao comprimento real de trabalho (CRT), em 20% do mesmo grupo a patência foraminal não conseguiu ser reestabelecida e em 70% o cone teve que ficar aquém do CRT. Tendo como conclusão que o retratamento convencional não remove totalmente o cimento biocerâmico das paredes do canal.

Com o intuito de avaliar o retratamento de canais obturados com guta-percha e três cimentos endodônticos, Uzonuglu et al. (2015) realizaram um estudo comparando o iRoot SP (Innovative Bioceramix Inc, Canadá), MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e o AH-26 (Dentsply, De Trey, Konstanz, Alemanha), Quarenta pré-molares humanos e unirradiculares foram extraídos e tiveram suas coroas removidas. Para realização do preparo químico-mecânico (PQM), foi utilizado o sistema rotatório ProTaper universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os elementos foram divididos em quatro grupos (n=10). Após a obturação dos grupos, foi retirado o material dos canais sem uso de solvente, apenas com o sistema ProTaper Retratamento - PTR (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), após o retratamento os elementos foram seccionados longitudinalmente e cada parte foi avaliada através do microscópio com magnitude de 5x. Como resultados puderam observar que nenhum dos cimentos testados foi completamente removido do sistema de canais radiculares.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL:

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma análise da literatura especializada sobre as propriedades dos cimentos biocerâmicos em endodontia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A- Determinar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos cimentos biocerâmicos;

B- Compreender o efeito dos materiais biocerâmicos nos tecidos apicais e os possíveis benefícios do seu uso na prática clínica;

C- Comparar suas propriedades.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Através da revisão integrativa da literatura, este trabalho foi realizado, seguindo as etapas: identificação do tema, elaboração da questão da pesquisa, assim como dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos encontrados, avaliação e análise dos artigos selecionados, interpretação dos resultados e apresentação da revisão.

A base de dados utilizada foi PUBMED e a pesquisa foi feita através dos descritores “bioceramics”, “bioceramics endodontics”, “bioceramic sealer” e “bioceramic root canal sealer”. Foram encontrados no total 647 artigos, selecionados de acordo com os seguintes critérios: artigos publicados em inglês, disponibilidade dos resumos na base de dados escolhida e disponibilidade dos mesmos na íntegra que abordasse o tema. Foram selecionados 17 artigos, devido ao fato de que muitos não atendiam aos critérios citados anteriormente. O levantamento bibliográfico foi complementado empregando-se as referências de um dos artigos: Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers (Lee et al. 2017), sendo escolhidos 13 artigos para complementar a pesquisa bibliográfica.

5. DISCUSSÃO

A biocompatibilidade e as propriedades físico-químicas dos cimentos endodônticos são extremamente importantes, visto que estarão em contato com os tecidos periapicais durante longos períodos, podendo influenciar no prognóstico e resultado final do tratamento (FRANÇA, 2014). Nenhum dos cimentos já existentes no mercado possui todas as propriedades ideais preconizadas pela norma ISO 6876/2012 e pela especificação nº57 da American Dental Association-ADA (2000) (CANDEIRO, 2012). Sendo assim, os cimentos endodônticos devem apresentar as características citadas abaixo:

- Tempo de trabalho adequado;
- Escoamento adequado;
- Baixa viscosidade;
- Fácil manuseamento;
- Ser radiopaco;
- Ter ação antibacteriana;
- Ser biocompatível;
- Ser imutável e não antigênico;
- Ser insolúvel em fluido bucal;
- Permitir o retratamento caso haja necessidade;
- Não pigmentar tecidos dentários.

Obviamente alguns materiais endodônticos empregado no sistema de canais radiculares apresentam mais das características citadas acima do que outros. Como exemplo de alguns dos problemas dos cimentos endodônticos já existentes no mercado, podemos citar o escurecimento de tecidos dentários devido ao uso de materiais a base de MTA (HANSEN et al., 2011). Outro exemplo é o cimento AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), já consagrado no mercado, porém não apresenta propriedades biológicas adequadas (ZOUFAN et al., 2011).

Os materiais à base de silicatos, citados no presente trabalho, são materiais com capacidade bioativa, ou seja, formam hidroxiapatita quando entram em contato com água, são biocompatíveis e apresentam atividade antibacteriana (LOUSHINE et al., 2011; ZOUFAN et al., 2011; DAMAS et al., 2011). Por serem materiais recentes no mercado e de pouco uso na prática clínica, faz-se necessária essa revisão da literatura especializada, mostrando resultados de pesquisas realizadas com o intuito

de compreender o efeito dos cimentos biocerâmicos nos tecidos apicais e os possíveis benefícios do seu uso na prática clínica.

A literatura pesquisada mostra diversos trabalhos que avaliam as propriedades biológicas dos cimentos biocerâmicos, seja mediante testes de citotoxicidade (LOUSHINE et al. 2011; ZOUFAN et al. 2011; MUKHTAR-FAYYAD 2011; DAMAS et al. 2011; WILLERSHAUSEN et al. 2013; CANDEIRO et al. 2016; BARABA et al. 2016 e BUENO et al. 2016), ou através de testes relacionados às propriedades físicas e químicas, como por exemplo: indução de mudança no pH (HANSEN et al. 2011; CANDEIRO et al. 2011 e LEE et al. 2017); microdureza (HUFFMAN et al. 2009; LOUSHINE et al. 2011; OZCAN et al. 2012; SHOKOUHINEJAD et al. 2012 e GADE et al. 2015); radiopacidade (CANDEIRO et al. 2012 e LEE et al. 2017); resistência dos elementos dentários à fratura utilizando os cimentos biocerâmicos na obturação (TOPÇUOGLU et al. 2013); liberação de íons cálcio e indução de biomineralização (CANDEIRO et al. 2012; BORGES et al. 2012 e GUVEN et al. 2013); escoamento (CANDEIRO et al. 2012 e LEE et al. 2017); capacidade de selamento (LEAL et al. 2011; HIRSCHBERG et al. 2013; AL-HADDAD et al. 2015 e ANTUNES et al 2015); microinfiltração (PAWAR et al. 2014); tempo de presa final do material (LOUSHINE et al. 2011 e LEE et al. 2017) e por fim a sua facilidade de remoção em casos de retratamento (HESS et al. 2011 e UZONUĞLU et al. 2015). A seguir podemos observar duas tabelas contendo o resumo comparativo das propriedades físicas, químicas e biológicas dos cimentos endodônticos biocerâmicos citados no trabalho.

Tabela 01- Propriedades Biológicas

CIMENTO	CITOTOXICIDADE	BIOCOMPATIBILIDADE	EFEITO ANTIMICROBIANO	BIOMINERALIZAÇÃO
EndoSequence BC Sealer	Moderada	Aceitável	Aceitável	Aceitável
EndoSequence Root Repair Material – ERRM	Baixa	Aceitável	---	Aceitável
EndoSequence Root Repair Putty	Baixa	---	---	---
Sankin Apatite Root Canal Sealer (III)	---	---	---	---
iRoot SP	Aceitável	---	---	Moderada
EndoSeal MTA	---	---	---	Aceitável
Smartpaste Bio	---	Aceitável	---	Aceitável
MTA-Fillapex	Moderada	---	---	Aceitável
Ceramicrete	---	---	---	---
BioAggregate	Aceitável	---	---	---
ProRoot Endo Sealer	---	---	---	---

Fonte: artigos citados no presente trabalho.

Tabela 02: Propriedades físico-químicas

CIMENTO	TEMPO DE PRESA	RESISTÊNCIA DE UNIÃO	ESCOAMENTO	RETRATAMENTO
EndoSequence BC Sealer	Longo	Aceitável	Aceitável	Não removido por completo
EndoSequence Root Repair Material – ERRM	---	Aceitável	Moderado	---
EndoSequence Root Repair Putty	Longo	---	---	---
Sankin Apatite Root Canal Sealer (III)	---	---	---	---
iRoot SP	---	Aceitável	---	Não removido por completo
EndoSeal MTA	Longo	---	Aceitável	---
Smartpaste Bio	---	Moderada	---	---
MTA-Fillapex	---	Aceitável	Aceitável	Não removido por completo
Ceramicrete	---	Aceitável	---	---
BioAggregate	---	Aceitável	---	---
ProRoot Endo Sealer	---	Aceitável	---	---

Fonte: artigos citados no presente trabalho.

No que diz respeito às propriedades biológicas dos materiais biocerâmicos, estudos mostram que o EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA) apresentou citotoxicidade elevada nas primeiras 24h, quando comparado com o AH Plus (Dentsply Caulk, Milford, DE), sendo que esse último não mostrou citotoxicidade quando houve a tomada de presa final desse material, diferentemente do EndoSequence BC, que mostrou citotoxicidade moderada ao final da quinta semana (LOUSHINE et al. 2011). Ao se verificar a pesquisa realizada por Zoufan et al. (2011), que avaliaram também a citotoxicidade de cimentos endodônticos, observou-se que o cimento EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA) apresentou menor citotoxicidade quando comparado com o AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha), obtendo assim resultados semelhantes ao de Loushine et al. (2011), onde demonstrou que o cimento EndoSequence BC apresentava ainda toxicidade moderada após a quinta semana de pesquisa. Mesmo usando um pré-mixado, fato que pode ser explicado pelo tipo de células empregadas na cultura e também pelo fato de que o AH Plus Jet já vem preparado para uso, sem necessidade de mistura, diferente do AH Plus convencional. No trabalho de Loushine et al. (2011), os pesquisadores empregaram um meio de cultura celular obtido através de ratos e Zoufan et al. (2011) empregaram culturas de células fibroblásticas humanas. Por sua vez, o tempo de observação foi diferente nas duas pesquisas, 24 horas e após 5 semanas Loushine et al. (2011) e 24 horas e 72 horas após (Zoufan et al. 2011).

Ao analisar os estudos de Loushine et al (2011), Zoufan et al. (2011) e Mukhtar-Fayyad (2011), onde o ultimo comparou a citotoxicidade de dois materiais biocerâmicos BioAggregate (Innovative Bioceramix, IBC, Vancouver, Canadá) e iRoot SP (Innovative Bioceramix, IBC, Vancouver, Canadá), fazendo amostras e realizando a imersão das mesmas em meio à células fibroblásticas humanas durante cinco dias, pode-se observar que o efeito citotóxico dos materiais depende totalmente da concentração dos mesmos, chegando à conclusão que ambos materiais apresentam biocompatibilidade aceitável.

Candeiro et al. (2016) comparando a citotoxicidade dos cimentos endodônticos verificaram que o EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA) apresentou menor citotoxicidade que o AH Plus (Dentsply Caulk, Milford, DE). Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Loushine et al (2011), que observaram que o EndoSequence BC Sealer apresentou menor

citotoxicidade quando comparados com o cimento AH Plus Jet. A semelhança nos resultados pode ser devido aos cimentos empregados na pesquisa, pois a diferença entre os mesmos está na sua viscosidade e na forma de trabalho, sendo o último em embalagem de auto-mistura, embora as metodologias sejam diferentes, apesar de ambas as pesquisas colocarem as amostras em meio de cultura celular. Loushine et al (2011), utilizaram cultura celular obtida através de células osteoblásticas de ratos (MC3T3-E1), enquanto que Candeiro et al. (2016) fizeram o uso de culturas de células fibroblásticas imersas em meio de sêrum bovino. Além disso, os períodos de observação também se mostraram diferentes, enquanto Loushine et al. (2011) avaliaram a citotoxicidade após 24h e sucessivamente durante 5 semanas, Candeiro et al. (2016), fizeram as avaliações de citotoxicidade a cada 1, 3, 5 e 7 dias, através da análise de atividade mitocondrial. Assim como Candeiro et al. (2016), Zoufan et al. (2011) obtiveram os mesmos resultados, realizando análises nos períodos de 24 horas e 72 horas.

O Endosequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA) também foi comparado com outro cimento biocerâmico, o MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) em relação a sua citotoxicidade. Baraba et al. (2016) observaram que ambos os cimentos apresentavam citotoxicidade em meio celular de células fibroblásticas de ratos. Durante a primeira hora de análise e a 20ª hora, o MTA Fillapex obteve menor quantidade de células viáveis quando comparados com o EndoSequence BC, porém, durante os outros períodos de encubação, não houveram diferenças estatisticamente significantes em relação à citotoxicidade.

Cimentos biocerâmicos empregados para retro obturações também foram alvos dos pesquisadores Damas et al. (2011) e Willershausen et al. (2013). Ambas as pesquisas avaliaram e compararam os cimentos ProRoot MTA (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e o EndoSequence Root Repair-ERRM (Brasseler, EUA, Savannah, GA). Apesar das metodologias empregadas em ambas as pesquisas serem diferentes, as mesmas obtiveram resultados semelhantes, podendo concluir que os cimentos biocerâmicos são biocompatíveis.

No que diz respeito à indução da mudança de pH causada pelos cimentos endodônticos, Hansen et al. (2011), Candeiro et al. (2012) e Lee et al. (2017) realizaram pesquisas envolvendo cimentos a base de outros materiais e também cimentos biocerâmicos, sendo eles: EndoSequence Root Repair-ERRM (Brasseler EUA, Savannah, GA), ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK),

EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA), EndoSeal MTA (MARUCHI, Wonju, Coréia) e MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil). Como resultado, Hansen et al. (2011) ao comparar o cimento ERRM com o ProRoot MTA, puderam observar que alterações significativas no pH ocorreram com decorrer do tempo em ambos os grupos analisados, porém quando comparados os resultados, o uso do material a base de mineral trióxido agregado, resultou em níveis maiores de pH, no valor de 7,76, em contrapartida o ERRM apresentou um pH de 7,44 no final da quarta semana. Já na pesquisa realizada por Candeiro et al. (2012), puderam observar que o EndoSequence BC apresentou pH alcalino em todos os experimentos, com um valor máximo de 11,16 em 168 horas, já o pH do AH Plus, foi ligeiramente neutro, com valor de 7,17 no final do experimento. Lee et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes ao de Candeiro et al. (2012), ao ver que o cimento EndoSequence BC após 24 horas também demonstrou maior pH alcalino de 11,78, do que todos os outros e o pH do EndoSeal MTA com o valor de 11,29 após a quarta semana foi significativamente maior do que os outros cimentos resinosos presentes no estudo, assim como o MTA Fillapex, que também se apresentou alcalino (10,02).

Ainda em seu estudo, Candeiro et al. (2012) além de avaliarem a mudança de pH, avaliaram também a capacidade de liberação de íons cálcio dos cimentos EndoSequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA) e AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) assim como na pesquisa *in vitro* feita por Borges et al. (2012), onde usaram como objetos de pesquisa os cimentos AH Plus, iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada), MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil), Sealapex (Sybron Endo/Kerr Co, Orange, CA, EUA) e MTA-A (Angelus, Londrina, PR, Brasil). No estudo feito por Candeiro et al. (2012), mostrou que a liberação de cálcio do EndoSequence BC foi maior quando comparado com o AH Plus, nos fazendo observar que, quando comparada com a pesquisa realizada por Borges et al. (2012), os resultados foram similares, o AH Plus quando analisado em relação aos demais cimentos, obtiveram a menor liberação de íons cálcio. Os cimentos biocerâmicos, MTA Fillapex e o iRoot SP, obtiveram altas taxas de liberação de cálcio, talvez devido à sua composição. Ambas as pesquisas utilizaram para a avaliação da liberação de íons cálcio, um espectrofotômetro de absorção atômica, apesar de terem sido de marcas comerciais diferentes e metodologias distintas, os resultados foram semelhantes. A liberação de íons Cálcio é de extrema

importância para a indução da biomineralização, tal estudo foi realizado por Guven et al. (2013), utilizando como um dos objetos de estudo o cimento biocerâmico iRoot SP (Innovative Bioceramix Inc., Canadá) e comparando com o ProRoot MTA (Dentsply Maillefer, Tulsa Dental, EUA), a conclusão que eles obtiveram foi que, o cimento à base de MTA obteve maior eficiência e eficácia em induzir a biomineralização.

Em relação à radiopacidade dos cimentos biocerâmicos, estudos *in vitro* foram realizados por Candeiro et al. (2012) e Lee et al. (2017), dentre os objetos de estudo estavam os cimentos biocerâmicos EndoSequence BC Sealer (Brasseler EUA, Savannah, GA), EndoSeal MTA (MARUCHI, Wonju, Coréia) e MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil). Na pesquisa dirigida por Candeiro et al. (2012), foi adotada a metodologia de acordo com as especificações da ISO 6876/2001, podendo observar que ao comparar a radiopacidade do EndoSequence BC com o cimento a base de resina epóxica AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), o último apresentava maior radiopacidade, porém os valores do EndoSequence BC estavam acima da recomendação da norma ISO 6876/2001. Lee et al. (2017) usaram como parâmetro de avaliação, as mesmas especificações segundo a ISO 6876/2012, observando assim que apesar de todos os cimentos testados apresentarem valores de acordo com a norma, o AH Plus apresentou valores maiores de radiopacidade, assim como a pesquisa realizada por Candeiro et al. (2012). Ainda sobre o estudo realizado por Lee et al. (2017), o cimento biocerâmico Endo Seal MTA também apresentou valores altos de radiopacidade, chegando próximo do valor obtido pelo AH Plus. Em contrapartida o MTA Fillapex foi o que apresentou menores valores, seguido pelo EndoSequence BC sealer.

Nas mesmas pesquisas dirigidas por Candeiro et al. (2012) e Lee et al. (2017), além de avaliarem a radiopacidade, avaliaram também o escoamento dos cimentos biocerâmicos. Usando as normas da ISO 6786/2001, Candeiro et al. (2012) puderam observar que o EndoSequence BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA) demonstrou o escoamento no valor de 26,96mm, ou seja, maior do que o preconizado pela norma ISO, que é de 20 mm. Enquanto o cimento AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) obteve resultado menor do que o EndoSequence BC, no valor de 21,17mm. Lee et al. (2017) usaram a mesma metodologia que Candeiro et al. (2012), segundo a ISO 6786/2012, porém ao contrário dos resultados de Candeiro et al. (2012), Lee et al. (2017) observaram que

o EndoSequence BC Sealer não atingiu os 20mm preconizados pela norma, obtendo um valor de aproximadamente 19mm. Porém todos os outros cimentos biocerâmicos estudados apresentaram valores acima da recomendação, sendo o maior valor deles obtido pelo MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil), no valor de 34mm, seguido pelo EndoSeal MTA, com o valor exato recomendado pela norma seguida na metodologia.

Sobre a capacidade de selamento e adaptação marginal, os cimentos biocerâmicos Ceramicrete (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA) e BioAggregate (DiaDent, Burnaby, BC, Canadá) foram objetos de estudo da pesquisa de Leal et al. (2011). Os pesquisadores chegaram à conclusão de que houve diferença significativa nos resultados quando os cimentos biocerâmicos foram comparados, o cimento Ceramicrete obteve menor penetração de glicose do que o BioAggregate, porém quando ambos foram comparados com o ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Johnson City, TN) não houveram diferenças nos resultados. Ainda sobre o uso dos cimentos em obturação retrógrada, Hirschberg et al. (2013) colocaram amostras em meio de cultura bacteriana e puderam observar que quando as amostras utilizavam o ProRoot MTA, apresentavam menor invasão bacteriana do que as que utilizaram o Endosequence Bioceramic Root Repair – ERRM (Brasseler, EUA), demonstrando assim melhor adaptação marginal. Antunes et al. (2015), assim como Hirschberg et al. (2013), também analisaram a capacidade de selamento de cimentos usados em obturação retrógrada e concluíram que 28% das amostras que utilizaram o ERRM apresentaram bactérias viáveis, porém quando comparadas com as que usaram cimentos a base de MTA não demonstraram diferenças significativas.

Ainda sobre a adaptação marginal e o selamento apical, Al-Haddad et al. (2015) compararam dois cimentos biocerâmicos e em sua pesquisa chegaram à conclusão de que o material Sankin Apatite III (Dentsply Sankin, Tóquio/Japão) obteve menor adaptação marginal quando comparado com o AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), enquanto o cimento EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA) foi o que apresentou melhor adaptação marginal na pesquisa. As metodologias utilizadas foram distintas em todos os estudos que tiveram como objetivo avaliar a capacidade de selamento apical e adaptação marginal, porém pode-se observar que os cimentos biocerâmicos apresentam essas características de forma satisfatória.

A capacidade de selamento apical e adaptação marginal estão intimamente interligadas com a microinfiltração. No estudo realizado por Pawar et al. (2014), ele utilizou como um dos objetos de estudo o Endosequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA), usando uma metodologia em que avaliava a penetração do corante na interface do dente com o cimento endodôntico. Eles chegaram à conclusão que houve pouca penetração do corante nas amostras que utilizaram o cimento biocerâmico. Justificando as pesquisas anteriores que tem como estudo a capacidade de selamento apical e adaptação marginal, apesar de terem usado metodologias distintas.

Em relação ao tempo de presa final dos materiais biocerâmicos, Loushine et al. (2011) usou como um dos seus objetos de estudo o cimento EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA), e observaram que na ausência de água, o cimento biocerâmico levou 240 horas para atingir a presa final. Enquanto na pesquisa realizada por Lee et al. (2017), eles puderam concluir que o cimento EndoSeal MTA (MARUCHI, Wonju, Coréia) teve o maior tempo de presa final (1223 minutos), e que o EndoSequence BC Sealer, assim como o MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) precisam ser melhorados para tomarem presa final em um prazo clinicamente aceitável, não relatando o tempo final de presa em seu trabalho. Como os últimos pesquisadores não relataram o tempo de presa exato do EndoSequence BC Sealer, desta forma fica complicado comparar os estudos.

Os testes de resistência e microdureza dos cimentos biocerâmicos também foram realizados pelos pesquisadores. Huffman et al.(2009) usou como objeto de estudo o cimento biocerâmico ProRoot Endo Sealer (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA) e os autores puderam observar que as amostras que usaram este cimento biocerâmico obteve maior resistência às forças de push-out aplicadas. Loushine et al. (2011) observaram em sua pesquisa que a microdureza do cimento EndoSequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA) diminuiu com a adição de água, porém não usaram metodologia push-out. Ozcan et al. (2012), concluíram em sua pesquisa que o iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada) tem boa capacidade de adesão às paredes dentinárias. Shokouhinejad et al.(2012) assim como Loushine et al. (2011), usaram como um dos objetos de estudo o cimento EndoSequence BC Sealer, comparando o mesmo com o cimento AH Plus (Dentsply Caulk, Milford, DE). Chegaram à conclusão que as resistências de união de ambos os cimentos são iguais. Gade et al. (2015) também utilizou forças de

push-out para avaliar a resistência dos cimentos EndoSequence BC e AH Plus, assim como os pesquisadores Loushine et al. (2011) e Shokouhinejad et al. (2012), porém utilizaram metodologia distinta de Loushine et al. (2011) e semelhante à de Shokouhinejad et al. (2012). Apesar disso, obtiveram como resultado que a força de push-out nas amostras que utilizaram o cimento biocerâmico, foi menor do que as que utilizaram o AH Plus, divergindo dos resultados obtidos por Shokouhinejad et al. (2012).

Topçuoglu et al. (2013) analisou a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente utilizando em sua obturação o cimento EndoSequence BC (Brasseler EUA, Savannah, GA) e ao comparar com o cimento AH Plus (Dentsply Maillefer - Alemanha), puderam concluir que ambos conferem igual resistência à fratura quando comparados.

Por último, na análise da literatura especializada, os autores estudaram também sobre a facilidade de remoção dos cimentos biocerâmicos em casos de retratamento. Hess et al. (2011), Uzonuglu et al. (2015) realizaram esta pesquisa e como objetos de estudo utilizaram os cimentos EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA), iRoot SP (Innovative Bioceramix Inc., Canadá) e MTA Fillapex (Angelus, Brasil). Hess et al. (2011) puderam concluir que os cimentos biocerâmicos não são removidos completamente do canal através do retratamento convencional, da mesma forma que Uzonuglu et al. (2015).

Todas as pesquisas utilizadas neste trabalho de revisão e análise da literatura foram *in vitro*, por serem menos onerosas e rápidas quando comparados com os testes *in vivo*. Porém pode-se questionar o uso desses testes como parâmetro para o uso ou não dos cimentos biocerâmicos e sua aplicabilidade clínica, pois suas avaliações não são longitudinais, sendo insuficientes para estabelecer quais as possíveis respostas biológicas do hospedeiro no decorrer dos anos.

Para que haja o entendimento dos efeitos desses cimentos nos tecidos apicais, há a necessidade da junção dos dois tipos de pesquisa, *in vivo* e *in vitro*, para que complementem as pesquisas já presentes na literatura.

6. CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada nesse trabalho, pode-se concluir que os cimentos biocerâmicos:

- Apresentaram, de forma individual, propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis, podendo ter seu uso empregado em perfurações radiculares, forames apicais grandes e reabsorções radiculares, assim como cimento para obturação do sistema de canais radiculares;
- São biocompatíveis, apresentam boa capacidade de selamento marginal, possuem efeito antimicrobiano, apresentam bioatividade e formam hidroxiapatita, podendo assim compreender que há benefícios em seu uso para recuperação dos tecidos apicais;
- Quando comparados com outros cimentos à base de materiais distintos, ainda não há a certeza dos reais benefícios do seu uso na prática clínica;
- Há necessidade de pesquisas que possam avaliar os mesmos parâmetros, com a mesma metodologia para que estes resultados sejam conclusivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-HADDAD, A.; ABU KASIM, N.H.; CHE, A.B.; AZIZ, Z.A. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. **Dent Mater J**, v.34, n.4, p.516-21, abr. 2015.
- ANTUNES, H. S.; GOMINHO, L. F.; ANDRADE-JUNIOR, C. V.; DESSAUNE-NETO, N.; ALVES, F. R. F.; ROCHA, I. N.; SIQUEIRA JR, J. F. Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. **Int Endod J**, v.49, n. 10, p.960-5, ago. 2015.
- BARABA, A.; PEZELJ-RIBARIC, S.; ROGULJIĆ, M.; MILETIC, I. Cytotoxicity of Two Bioactive Root Canal Sealers. **Acta Stomatol Croat.**, v.50, n.1, p.8-13, mar. 2016.
- BORGES, R. P.; SOUSA-NETO, M. D.; VERSIANI, M. A.; RACHED-JUNIOR, F. A.; DE-DEUS, G.; MIRANDA, C. E. S.; PÉCORA, J. D.. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. **Int Endod J.**, v.45, n.5, p.419–428, mai. 2012.
- BRYAN, T.E.; KHECHEN, K.; BRACKETT, M.G.; MESSER, R.L. EL-AWADY, A.; PRIMUS, C.M.; GUTMAN, J.L.; TAY, F.R.. In vitro osteogenic potential of an experimental calcium silicate-based root canal sealer. **J Endod**, v.36, n.7, p.1163–9, jul. 2010.
- BUENO, C. R. E.; VALENTIM, D.; MARQUES, V. A. S.; GOMES-FILHO, J. E.; CINTRA, L. T.; JACINTO, A. R. C.; DEZAN-JUNIOR, E. Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers. **Braz. Oral Res**, v.30, n.1, e.81; jun. 2016.
- CANDEIRO, G.T.; CORREIA, F.C.; DUARTE, M.A.; RIBEIRO-SIQUEIRA, D.C.; GAVINI, G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. **J Endod**, v.38, n.6 p.842-5, jun. 2012.
- CANDEIRO, G.T.M. **Avaliação da radiopacidade, escoamento, pH e da liberação de íons cálcio de um cimento endodôntico biocerâmico**. 2012, 58f., Tese - Faculdade de Odontologia de São Paulo – São Paulo, 2012.
- CANDEIRO, G.T.; MOURA-NETTO, C.; D'ALMEIDA-COUTO, R.S.; AZAMBUJA-JÚNIOR, N.; MARQUES, M.M.; CAI, S.; GAVINI, G. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. **Int Endod J.**, v.49, n. 9, p. 858-864, set. 2016.
- CAVALCANTI, B.N.; RODE, S.M.; MARQUES, M.M. Cytotoxicity of substances leached or dissolved from pulp capping materials.International. **Int Endod J.**,v.38, n.8 p. 505–9, ago. 2005.
- DAMAS, B. A.; WHEATER, M. A.; BRINGAS, J. S.; HOEN, M. M. Cytotoxicity Comparison of Mineral Trioxide Aggregates and EndoSequence Bioceramic Root Repair Materials. **J Endod.**, v.37., n. 3 p.372-5, mar. 2011.

FRANÇA, M. C. M. **Influência no tempo de endurecimento no comportamento físico e biológico de sete cimentos endodônticos**. 2014. – 113f., Dissertação - UNESP – Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos, São Paulo, 18 dez. 2014.

GADE, V.J.; BELSARE, L.D.; PATIL, S.; BHEDE, R.; GADE, J.R. Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. **J Conserv Dent.**, v.18, n. 2 p. 124-7, abr. 2015.

GUVEN, E.P.; TAŞLI, P.N.; YALVAC, M.E.; SOFIEV, N.; KAYAHAN, M.B.; SAHIN, F. In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. **Int Endod J.**, v.46, n.12 p.1173-82, dez. 2013.

HANSEN, S.W.; MARSHALL, J.G.; SEDGLEY, C.M. Comparison of intracanal EndoSequence Root Repair Material and ProRoot MTA to Induce pH Changes in Simulated Root Resorption Defects over 4 Weeks in Matched Pairs of Human Teeth. **J Endod.**, v.37, n.4 p.502-506, abr. 2011.

HESS, D.; SOLOMON, E.; SPEARS, R.; HE, J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. **J Endod.**, v.37, n.11 p.1547-9, nov. 2011.

HIRSCHBERG, C.S.; PATEL, N.S.; PATEL, L.M.; KADOURI, D.E.; HARTWELL, G.R. Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. **Quintessence Int.**, v.44, n.5 p.157-62, mai. 2013.

HUFFMAN, B.P.; MAI, S.; PINNA, L.; WELLER, R.N.; PRIMUS, C.M.; GUTMANN, J.L.; PASHLEY, D.H.; TAY, F.R. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. **Int Endod J.**, 42, 34–46, 2009.

KOCH K, BRAVE D. Bioceramic technology – the game changer in endodontics. **Endod Pract.**, v.2, n.2 p.17-21, abr. 2009.

KOPPER, P. M. P.; VANNI, J. R.; DELLA BONA, A.; FIGUEIREDO, A. P. de; PORTO, S. In vivo evaluation of the sealing ability of two endodontic sealers in root canals exposed to the oral environment for 45 and 90 days. **J Appl Oral Sci.**, v.14, n.1 p.43-8, jan. 2006.

LEAL, F.; DE-DEUS, G.; BRANDÃO, C.; LUNA, A. S.; FIDEL, S. R.; SOUZA, E. M. Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. **Int Endod J.**, v. 44, n. 7, p. 662-8, Jul. 2011.

LEAL, F.; DE-DEUS, G. BRANDÃO, C.; LUNA, A.; SOUZA, E.; FIDEL, S. Similar Sealability Between Bioceramic Putty Ready-To-Use Repair Cement and White MTA. **Braz Dent J.**, v.24, n.4 p. 362-366, 2013.

LEE, J.K.; KWAK, S.W.; HA, J.H.; LEE, W.; KIM, H.C. Physicochemical Properties of epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. **Bioinorg Chem Appl.**, 2017:2582849, jan. 2017.

LOUSHINE, B.A.; BRYAN, T.E.; LOUSHINE, R.J.; WELLER, N.; PASHLEY, D.H.; TAY, F.R. Setting properties and citotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. **J Endod.**, v.37, n.5, p.673-7, mai. 2011.

MUKHTAR-FAYAAD, D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). Article in **Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.**, v.112, n.6, p.137-42, dez. 2011.

OZCAN, E.; ÇAPAR, I.D.; ÇETIN, A.R.; TUNÇDEMİR, A.R.; AYDINBELGE, H.A. The effect of calcium silicate-based sealer on the push-out bond strength of fibre posts. **Aust Dent J.**, v.57, n.2, p.166-70, jun. 2012.

PAWAR, S.S; PUJAR, M.A.; MAKANDAR, S.D. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. **J Conserv Dent.**, v.17, n.6, p.579-82, nov. 2014.

ROZZATO, J.R. **Revisão de literatura: pastas à base de hidróxido de cálcio usadas como medicação intracanal.** 2010 – 43f. Monografia - UNICAMP, Piracicaba, SP: [s.n.], 2010.

SHOKOUHINEJAD, N.; HOSEINI, A.; GORJESTANI, H.; RAOOF, M.; ASSADIAN, H.; SHAMSHIRI, A.R. Effect of phosphate-buffered saline on push-out bond strength of a new bioceramic sealer to root canal dentin. **Dent Res J (Isfahan).**, v.9, n.5, p.595-9, set. 2012.

TOPÇUOĞLU, H. S.; TUNCAY, O; KARATAS, E.; ARSLAN, H.; YETER, K. In Vitro Fracture Resistance of Roots Obturated with Epoxy Resin-based, Mineral Trioxide Aggregate-based, and Bioceramic Root Canal Sealers. **J Endod.**, v.39, n.12, p.1630-3, dez. 2013.

UZUNOĞLU, E.; YILMAZ, Z.; SUNGUR, D.D.; ALTUNDASAR, E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. **Iran Endod J.**, v.10, n.2, p.93-8, mar. 2015.

WILLERSHAUSEN, I.; WOLF, T.; KASAJ, A.; WEYER, V.; WILLERSHAUSEN, B.; MARROQUIN, B.B. Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. **Arch Oral Biol.**, v.58, n.9, p.1232-7, set. 2013.

ZOUFAN, K.; JIANG, J.; KOMABAYASHI, T.; WANG, Y.; SAFAVI, K.E.; ZHU, Q. Citotoxicity evaluation of Gutta-Flow and Endo Sequence BC sealers. Articles in **Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.**, v.112, n.5, p.657-61, nov. 2011.